

## 明 細 書

マイクロ電気機械システムの共振器およびその駆動方法およびその

## 5 製造方法および周波数フィルタ

## 技術分野

本発明は、平衡出力が容易なマイクロ電気機械システムの共振器およびその駆動方法および周波数フィルタに関するものである。

10

## 背景技術

情報通信技術の発展に伴って、近年ネットワークを利用するデバイスの数は飛躍的に増加しており、使い勝手の面からも、無線ネットワーク技術に対する需要が高まっている。

15

無線通信で用いられるRF（ラジオ周波）フロントエンドモジュールには、半導体チップのほかに、RFフィルタ、IF（中間周波）フィルタ用に表面弾性波（SAW）フィルタや誘電体フィルタなど、比較的サイズの大きな部品が存在しており、これらの存在がRFフロントエンドの小型化と低コスト化を阻んできた。これらのフィルタ機能を半導体チップの中に取り込むことが現在求められている。

20

半導体プロセス技術を用いて形成された微小振動子は、デバイスの占有面積が小さいこと、高いQ値を実現できること、他の半導体デバイスとの集積が可能であること等の特徴により、無線通信デバイスの中でもIF（中間周波）フィルタ、RF（ラジオ周波）フィルタとしての利用がミシガン大学を始めとする研究機関から提案されている（例えば、非特許文献1（フランクDボノン3世（Frank D. Bonnon III）他著「High-Q

25

HF Microelectromechanical Filters」 I E E E (The Institute of Electrical and Electronics Engineers) JOURNAL OF SOLID-STATE CIRCUITS, VOL. 35, NO. 4, APRIL 2000年 p. 512-526) 参照)。その構造の代表例を図 18 の概略構成断面図によって説明する。

5 図 18 に示すように、微小振動子 301 は以下のような構成となっている。基板 310 上に設けられた出力電極 311 の上方に、空間 321 を介して振動子電極 312 が配置されているものである。上記振動子電極 312 には、電極 313 を介して入力電極 514 が接続されている。

次に、上記微小振動子の動作を以下に説明する。上記入力電極 313  
10 に特定の周波数電圧が印加された場合、出力電極 311 上に空間 321 を介して設けられた振動子電極 312 のビーム（振動部）が固有振動周波数で振動し、出力電極 311 とビーム（振動部）との間の空間 321 で構成されるキャパシタの容量が変化し、これが出力電極 311 から電圧として出力される（例えば、非特許文献 1 参照）。

15 しかし、これまでに提案され、検証された微小振動子の共振周波数は最高でも 200 MHz を超えず、従来の表面弾性波（SAW）あるいは薄膜弾性波（FBAR）による GHz（ギガヘルツ）領域のフィルタに対して、微小振動子の特性である高い Q 値を GHz 帯周波数領域で提供することは困難となっている。

20 現在のところ、一般に高い周波数領域では出力信号としての共振ピークが小さくなる傾向があり、良好なフィルタ特性を得るためには、共振ピークの SN 比を向上する必要がある。ミシガン大学の文献（Disk 型の例）（例えば、非特許文献 1 参照）によれば、出力信号のノイズ成分は、入出力電極間に構成される寄生容量を直接透過する信号によって  
25 おり、この信号を小さくするために、直流（DC）を印加した振動電極を入出力電極間に配置することで、ノイズ成分の低減が図れるとされて

いる。

一方でDisk型の振動子で、十分な出力信号を得るには、30Vを超えるDC電圧が必要であるために、実用的な構造としては両持ち梁を用いたビーム型の構造が望ましい。上記のノイズ成分の低減方法をビーム型の構造に対して適用した場合、一例として図19に示すような電極配置となる。

図19に示すように、シリコン基板上に酸化シリコン膜および窒化シリコン膜の積層膜を形成した基板410上に、離間した状態で入力電極411と出力電極412とが平行に配設され、その上空に微小な空間421を介して上記入力電極411および上記出力電極412を横切るようにビーム型振動子413が配設されているものである。また、図面に示した曲線はビーム型振動子413の振動曲線を示す。

このような共振器では、振動子413は2次モードの振動となり、不平衡入力で不平衡出力となる。このような共振器を平衡入力の周波数フィルタに用いた場合、図20に示すように、前段デバイス（例えば集積回路）521からの出力信号（平衡入力）を、周波数フィルタ511にとって不平衡入力とするためのバラン素子531と、周波数フィルタ511の出力段に周波数フィルタ511からの不平衡出力を平衡出力とするためのバラン素子532を接続する必要がある。これによって、周波数フィルタ511に接続されている後段デバイス（例えば集積回路）522に平衡入力信号が入力できるようになる。

解決しようとする問題点は、従来のマイクロ電気機械システムの共振器（以下MEMS共振器と記す）では出力が不平衡になる点である。しかも、実際の用途として、不平衡で入力し平衡で出力する共振器を用いた周波数フィルタが求められており、出力が不平衡の場合、別途不平衡を平衡に変換するバラン素子が必要となる点である。

また、従来のマイクロ電気機械システムの共振器は、不平衡入力し、不平衡出力するデバイスである点である。現在の通信機器では、集積回路内は平衡信号が主流となっており、従来のMEMS共振器を使うためには、例えばIFフィルタなどへの応用のためには、不平衡平衡変換器  
5 (Balun) が必要である点である。これはコストの増加と、サイズの増加を意味し、MEMS共振器の採用を困難にしていた。

#### 発明の開示

本発明のマイクロ電気機械システムの共振器は、信号を入力する入力  
10 電極と、信号を出力する出力電極と、前記入力電極および前記出力電極に対して空間を介して対向する振動子とを備えたマイクロ電気機械システムの共振器において、前記出力電極は平衡で信号を出力する電極からなることを最も主要な特徴とする。

本発明のマイクロ電気機械システムの共振器の製造方法は、信号を入  
15 力する入力電極と、信号を出力する出力電極と、前記入力電極および前記出力電極に対して空間を介して対向する振動子とを備えたマイクロ電気機械システムの共振器の製造方法において、前記入力電極と前記出力電極とは同時に形成され、前記入力電極には第1入力電極と第2入力電極とを形成し、前記出力電極には第1出力電極と第2出力電極とを形成  
20 し、前記第1入力電極と前記第1出力電極とはそれぞれの位置における前記振動子の振幅の位相が同位相となるように配置され、第2入力電極と第2出力電極とはそれぞれの位置における前記振動子の振幅の位相が同位相となるようにかつ前記第1入力電極の位置における前記振動子の振幅の位相とは180度異なる位相となるように配置されることを最も  
25 主要な特徴とする。

本発明のマイクロ電気機械システムの共振器の駆動方法は、信号を入

力する入力電極と、信号を出力する出力電極と、前記入力電極および前記出力電極に対して空間を介して対向する振動子とを備えたマイクロ電気機械システムの共振器の駆動方法において、不平衡で入力して平衡で出力することを最も主要な特徴とする。

- 5      本発明の周波数フィルタは、信号を入力する入力電極と、信号を出力する出力電極と、前記入力電極および前記出力電極に対して空間を介して対向する振動子とを備えたマイクロ電気機械システムの共振器において、前記出力電極は不平衡で入力して平衡で出力する電極からなるマイクロ電気機械システムの共振器を備えたことを最も主要な特徴とする。

10

#### 図面の簡単な説明

図 1 は、本発明の MEMS 共振器に係る実施例 1 を示す概略構成断面図である。

- 図 2 は、図 1 に示した MEMS 共振器の振動子の振動モードを示す振  
15      動曲線図である。

図 3 A 乃至図 3 H は、本発明に係る MEMS 共振器の製造方法の一例を示す製造工程断面図である。

図 4 は、本発明のフィルタを用いた概略構成回路図である。

- 図 5 は、本発明の MEMS 共振器に係る実施例 2 を示す概略構成断面  
20      図である。

図 6 は、図 5 に示した MEMS 共振器の振動子の振動モードを示す振動曲線図である。

図 7 は、実施例 2 に係る MEMS 共振器の製造方法の一例を示す製造工程断面図である。

- 25      図 8 は、本発明の MEMS 共振器に係る実施例 3 を示す概略構成断面図である。

図 9 は、図 8 に示した MEMS 共振器の振動子の振動モードを示す振動曲線図である。

図 10 は、実施例 3 に係る MEMS 共振器の製造方法の一例を示す製造工程断面図である。

5 図 11 A 及び図 11 B は、本発明の MEMS 共振器に係る第 4 実施例を示す概略構成断面図である。

図 12 は、図 11 A に示した MEMS 共振器の振動子の振動モードを示す振動曲線図である。

10 図 13 A 及び図 13 B は、本発明の MEMS 共振器に係る第 5 実施例を示す概略構成断面図である。

図 14 は、図 13 A に示した MEMS 共振器の振動子の振動モードを示す振動曲線図である。

図 15 は、本発明の MEMS 共振器に係る第 6 実施例を示す概略構成断面図である。

15 図 16 A 乃至図 16 H は、本発明に係る MEMS 共振器の製造方法の一例を示す製造工程断面図である。

図 17 は、本発明のフィルタの入出力を説明するブロック図である。

図 18 は、従来の MEMS 共振器の概略構成断面図である。

図 19 は、従来の MEMS 共振器の概略構成断面図である。

20 図 20、従来の MEMS 共振器を用いたフィルタの入出力を説明するブロック図である。

発明を実施するための最良の形態

[実施例 1]

25 本発明の MEMS 共振器 101 に係る実施例 1 を、図 1 の概略構成断面図によって説明する。

図 1 に示すように、表面に絶縁膜（図示せず）が形成された基板 1 1 0 上には、信号を入力する入力電極 1 1 1 と、信号を出力する第 1 出力電極 1 1 2 と第 2 出力電極 1 1 3 とが並行に形成されている。かつ、上記第 1 出力電極 1 1 2 は上記入力電極 1 1 1 の位相と 1 8 0 度異なる位相の位置に配置され、上記第 2 出力電極 1 1 3 は上記入力電極 1 1 1 の位相と同位相の位置に配置されている。また、上記入力電極 1 1 1、第 1 出力電極 1 1 2 および第 2 出力電極 1 1 3 を挟むように振動子の電極 1 3 4 が形成されている。上記入力電極 1 1 1、第 1 出力電極 1 1 2 および第 2 出力電極 1 1 3 上には、空間 1 2 1 を介して対向するように、かつ電極 1 3 4 に接続するように振動子 1 1 4 が形成されている。上記入力電極 1 1 1、第 1 出力電極 1 1 2 および第 2 出力電極 1 1 3 と、振動子 1 1 4 との間の空間 1 2 1 は、例えば 0. 1  $\mu$  m 程度の距離に形成されている。

このように構成された MEMS 共振器 1 0 1 は、図 2 に示すような振動曲線を描いて振動子 1 1 4 は 3 次モードで振動する。この結果、MEMS 共振器 1 0 1 は、第 1 出力電極 1 1 2 からの出力 O u t 1 と、この第 1 出力電極 1 1 2 と位相が 1 8 0 度異なる第 2 出力電極 1 1 3 からの出力 O u t 2 とを合わせて出力とすることによって、不平衡入力を平衡出力にすることを可能とする。

次に、本発明の MEMS 共振器 1 0 1 に係る製造方法の一例を、図 3 A 乃至図 3 H の製造工程断面図によって説明する。

図 3 A に示すように、半導体基板 1 3 1 に絶縁膜 1 3 2 を形成する。半導体基板 1 3 1 には、例えばシリコン基板を用い、絶縁膜 1 3 2 には、例えば窒化シリコン（S i N）膜を用いる。この窒化シリコン膜は、例えば 1  $\mu$  m の厚さに形成する。なお、窒化シリコン膜の代わりに酸化シリコン膜と窒化シリコン膜との積層膜を用いてもよい。このように基板

1 1 0 は、一例として半導体基板 1 3 1 であるシリコン基板上に絶縁膜 1 3 2 が形成されたものからなる。さらに、絶縁膜 1 3 2 上に電極形成膜 1 3 3 を形成する。この電極形成膜 1 3 3 は、例えばポリシリコン膜で形成され、例えば  $0.5 \mu\text{m}$  の厚さに形成される。

5 次いで、図 3 B に示すように、レジスト塗布、リソグラフィー技術により入力電極と出力電極形状に上記電極形成膜 1 3 3 を加工してレジストマスクを形成した後、このレジストマスクを用いてエッチング加工により、上記電極形成膜 1 3 3 で入力電極 1 1 1 と第 1 出力電極 1 1 2 と第 2 出力電極 1 1 3 とを形成する。同時に、上記電極形成膜 1 3 3 で振  
10 動子の電極 1 3 4 も形成する。このとき、上記第 1 出力電極 1 1 2 は上記入力電極 1 1 1 の位相と  $180$  度異なる位相の位置に配置され、上記第 2 出力電極 1 1 3 は上記入力電極 1 1 1 の位相と同位相の位置に配置される。また、上記振動子の電極 1 3 4 は、入力電極 1 1 1、第 1 出力電極 1 1 2 および第 2 出力電極 1 1 3 の電極群を、間隔を置いて挟むよ  
15 うに形成される。

次いで、図 3 C に示すように、上記入力電極 1 1 1、第 1 出力電極 1 1 2、第 2 出力電極 1 1 3 および振動子の電極 1 3 4 を被覆する様にかつ上記入力電極 1 1 1 および出力電極 1 1 2 よりも厚く犠牲層 1 3 5 を形成する。この犠牲層 1 3 5 は、例えば酸化シリコン膜で形成され、そ  
20 の厚さは例えば  $0.5 \mu\text{m}$  とする。この犠牲層 1 3 5 は、上記絶縁膜 1 3 2、各電極に対して選択的にエッチングされる材料であればよい。

次いで、図 3 D に示すように、化学的機械研磨を用いて、上記犠牲層 1 3 5 の表面を平坦化する。このとき、入力電極 1 1 1 上、第 1 出力電極 1 1 2 上および第 2 出力電極 1 1 3 上に、犠牲層 1 3 5 が薄く残るよ  
25 うにする。この残す厚さは、その後に形成される振動子と入力電極 1 1 1、第 1 出力電極 1 1 2 および第 2 出力電極 1 1 3 との間隔を決定する



ことになるので、その間隔分だけ残す。例えば、入力電極 1 1 1 上、第 1 出力電極 1 1 2 上および第 2 出力電極 1 1 3 上に犠牲層 1 3 5 が 0.1  $\mu\text{m}$  の厚さだけ残るようにする。

次いで、図 3 E に示すように、通常のレジスト塗布、リソグラフィ技術によるエッチングマスクの形成およびそのエッチングマスクを用いたエッチングにより、犠牲層 1 3 5 の一部をエッチング加工して上記電極 1 3 4 の一部を露出させる開口部 1 3 6 を形成する。

次いで、図 3 F に示すように、犠牲層 1 3 5 が形成されている側の全面に振動子形成膜 1 3 7 を形成する。この振動子形成膜 1 3 7 は、例えばポリシリコン膜で形成し、例えば 0.5  $\mu\text{m}$  の厚さに形成する。

次いで、図 3 G に示すように、通常のレジスト塗布、リソグラフィ技術によるエッチングマスクの形成およびそのエッチングマスクを用いたエッチング加工により、振動子形成膜 1 3 7 をエッチング加工してビーム状の振動子 1 1 4 を形成する。この振動子 1 1 4 は、上記開口部 1 3 6 を通して電極 1 3 4 に接続されている。

次いで、図 3 H に示すように、ウエットエッチングによって、犠牲層 1 3 5 [前記図 3 G 参照] をエッチング除去する。ここでは、犠牲層 1 3 5 を酸化シリコンで形成しているので、フッ酸を用いた。この結果、入力電極 1 1 1、第 1 出力電極 1 1 2、第 2 出力電極 1 1 3 の各両側、および入力電極 1 1 1、第 1 出力電極 1 1 2、第 2 出力電極 1 1 3 と振動子 1 1 4 との各間に空間 1 2 1 が形成される。この空間 1 2 1 は、入力電極 1 1 1、第 1 出力電極 1 1 2 および第 2 出力電極 1 1 3 と振動子 1 1 4 との間の距離が 0.1  $\mu\text{m}$  程度となっている。このようにして、MEMS 共振器 1 0 1 が形成される。

上記製造方法において成膜される各膜の成膜方法は、CVD 法、スパッタリング法、蒸着法等を採用することができる。また、上記した各膜

厚は適宜設計されるものである。また、上記絶縁膜 1 3 2 の最表面を酸化シリコンで形成し、各電極をポリシリコンで形成した場合には、上記犠牲層 1 3 5 は窒化シリコンで形成することができる。この場合の犠牲層 1 3 5 のウェットエッチングは熱リン酸を用いればよい。

- 5      上記製造方法によれば、不平衡入力を平衡出力することができる 3 次モードの MEMS 共振器 1 0 1 を得ることができる。

次に、本発明の MEMS 共振器 1 0 1 を周波数フィルタに用いた実施例を、図 4 の概略構成回路図によって説明する。

- 10      上記説明したように、本発明の MEMS 共振器 1 0 1 は不平衡入力が平衡出力となって出力されるため、この共振器 1 0 1 を周波数フィルタに用いた場合、不平衡入力を平衡出力とする balan 素子を用いる必要がない。すなわち、図 4 に示すように、本発明の MEMS 共振器 1 0 1 を用いた周波数フィルタ 1 7 1 によって、不平衡入力が平衡出力となって出力される。そのため、周波数フィルタ 1 7 1 に直接、前段の集積回路  
15      1 8 1 を接続することができる。

#### [実施例 2]

本発明の MEMS 共振器に係る実施例 2 を、図 5 の概略構成断面図によって説明する。この MEMS 共振器は、第 1 出力電極を第 2 出力電極の両側に設けた例である。

- 20      図 5 に示すように、表面に絶縁膜（図示せず）が形成された基板 1 1 0 上には、信号を入力する入力電極 1 1 1 と、信号を出力する第 1 出力電極 1 1 2 (1 1 2 1) と第 2 出力電極 1 1 3 と第 1 出力電極 1 1 2 (1 1 2 2) が並行に形成されている。かつ、上記各第 1 出力電極 1 1 2 は上記入力電極 1 1 1 の位相と 1 8 0 度異なる位相の位置に配置され、上  
25      記第 2 出力電極 1 1 3 は上記入力電極 1 1 1 の位相と同位相の位置に配置され、第 1 出力電極 1 1 2 1、1 1 2 2 の間に第 2 出力電極 1 1 3 が

配置されている。また、上記入力電極 1 1 1、各第 1 出力電極 1 1 2 および第 2 出力電極 1 1 3 を挟むように振動子の電極 1 3 4 が形成されている。上記入力電極 1 1 1、各第 1 出力電極 1 1 2 および第 2 出力電極 1 1 3 上には、空間 1 2 1 を介して対向するように、かつ電極 1 3 4 に  
5 接続するように振動子 1 1 4 が形成されている。上記入力電極 1 1 1、各第 1 出力電極 1 1 2 および第 2 出力電極 1 1 3 と、振動子 1 1 4 との間の空間 1 2 1 は、例えば  $0.1 \mu\text{m}$  程度の距離に形成されている。

このように構成された MEMS 共振器 1 0 2 は、図 6 に示すような振動曲線を描いて振動子 1 1 4 は 4 次モードで振動する。この結果、ME  
10 MS 共振器 1 0 2 は、第 1 出力電極 1 1 2 (1 1 2 1、1 1 2 2) からの出力 Out 1 と、この第 1 出力電極 1 1 2 と位相が 180 度異なる第 2 出力電極 1 1 3 からの出力 Out 2 とを合わせて出力とすることによって、不平衡入力を平衡出力にすることを可能とする。

上記 MEMS 共振器 2 の製造方法は、前記図 3 A 乃至図 3 H によって  
15 説明した製造方法において、図 7 に示すように、電極形成膜 1 3 3 を以下のようにパターニングして、入力電極 1 1 1 と第 1 出力電極 1 1 2 1 と第 2 出力電極 1 1 3 と第 1 出力電極 1 2 2 とをこの順に並行に形成する。すなわち、各第 1 出力電極 1 1 2 1、1 1 2 2 を上記入力電極 1 1 1 の位相と 180 度異なる位相の位置に配置し、上記第 2 出力電極 1 1  
20 3 を上記入力電極 1 1 1 の位相と同位相の位置に配置する。また、第 1 出力電極 1 1 2 1、1 1 2 2 の間に第 2 出力電極 1 1 3 を配置する。さらに、振動子の電極 1 3 4 を、上記入力電極 1 1 1、各第 1 出力電極 1 1 2 1、1 1 2 2、第 2 出力電極 1 1 3 の電極群を挟むように形成する。その他の工程は前記図 3 A 乃至図 3 H によって説明した製造方法と同様  
25 である。

[実施例 3]

本発明のMEMS共振器に係る実施例3を、図8の概略構成断面図によって説明する。このMEMS共振器は、入力電極と第1出力電極とを交互に設けた例である。

図8に示すように、表面に絶縁膜（図示せず）が形成された基板110上には、信号を入力する入力電極111（1111）と、信号を出力する第1出力電極112（1121）と、入力電極1111と同位相の信号を入力する入力電極111（1112）と、信号を出力する第1出力電極112（1122）と、第2出力電極113とがこの順に並行に形成されている。かつ、上記各第1出力電極112は上記入力電極111の位相と180度異なる位相の位置に配置され、入力電極1111、1112と第1出力電極1121、1122とが交互に配置され、第2出力電極113は各入力電極111と各第1出力電極112の配列の最も端に設けられた第1出力電極112（1122）の入力電極111とは反対側に配置されかつ入力電極111の位相と同位相の位置に配置されている。また、上記各入力電極111、各第1出力電極112および第2出力電極113を挟むように振動子の電極134が形成されている。上記各入力電極111、各第1出力電極112および第2出力電極113上には、空間121を介して対向するように、かつ電極134に接続するように振動子114が形成されている。上記入力電極111、各第1出力電極112および第2出力電極113と、振動子114との間の空間121は、例えば0.1μm程度の距離に形成されている。

このように構成されたMEMS共振器103は、図10に示すような振動曲線を描いて振動子114は5次モードで振動する。この結果、共振器103は、第1出力電極112（1121、1122）からの出力Out1と、この第1出力電極112と位相が180度異なる第2出力電極113からの出力Out2とを合わせて出力とすることによって、

不平衡入力を平衡出力にすることを可能とする。

上記MEMS共振器103の製造方法は、前記図3A乃至図3Hによって説明した製造方法において、図10に示すように、電極形成膜133を以下のようにパターンニングして、入力電極1111と第1出力電極1121と入力電極1112と第1出力電極1122と第2出力電極113とを、この順に並行に形成する。すなわち、上記各入力電極1111、1112を同位相となる位置に配置し、上記各第1出力電極1121、1122を上記各入力電極1111、1112の位相と180度異なる位相の位置に配置するとともに各入力電極1111、1112と各第1出力電極1121、1122とを交互に配置し、上記第2出力電極113を各入力電極1111、1112と各第1出力電極1121、1122との配列の最も端に設けられた第1出力電極1122の入力電極1112とは反対側でかつ入力電極1111、1112の位相と同位相の位置に配置する。さらに、振動子の電極134を、上記各入力電極1111、1112、各第1出力電極1121、1122、第2出力電極113の電極群を挟むように形成する。その他の工程は前記図3A乃至図3Hによって説明した製造方法と同様である。

上記MEMS共振器102、103も上記MEMS共振器101と同様に、前記図4によって説明した周波数フィルタに用いることができる。

上記実施例1～実施例3では、入力電極111、第1出力電極112、第2出力電極113、電極134等の各電極はポリシリコン以外に金属を用いることができる。この金属としては、例えばアルミニウム、金、銅、タングステン等の半導体装置に金属配線として用いる材料を用いることができる。

上述した実施例1～実施例3に係る本発明のマイクロ電気機械システムの共振器およびその駆動方法は、出力電極は不平衡で入力して平衡で

出力する電極を備えていることから、不平衡入力、平衡出力が可能になる。このため、本発明の周波数フィルタは、従来のビーム式共振器を用いたRFフィルタで必要であったバラン素子が必要なくなり、回路の単純化、小型化、低コスト化が可能となるという利点がある。

- 5     この実施例1～実施例3では、不平衡入力を平衡な出力にするという目的を、平衡で出力する電極を備えることで、バラン素子を用いずに実現した。

[実施例4]

- 10     本発明のMEMS共振器201に係る実施例4を、図11Aの概略構成断面図および図11Bの平面レイアウト図によって説明する。

- 15     図11Aおよび図11Bに示すように、表面に絶縁膜252が形成された基板210上には、平衡で信号を入力する第1入力電極211と第2入力電極212および平衡で信号を出力する第1出力電極221と第2出力電極222が、第1入力電極211、第2出力電極222、第1出力電極221、第2入力電極212の順に並行に、かつ上記第1入力電極211と第1出力電極221のそれぞれの位置における後述する振動子231の振幅の位相が同位相となるように、また上記第2入力電極212と第2出力電極222のそれぞれの位置における振動子231の振幅の位相が同位相となるとともに上記第1入力電極211の位置における振動子231の位相とは180度異なる位相となるような位置に配置されている。

- 25     また、上記第1入力電極211、第2出力電極222、第1出力電極221および第2入力電極212を挟むように振動子の電極233、234が形成されている。上記第1入力電極211、第2出力電極222、第1出力電極221および第2入力電極212上には、空間241を介して対向するように、かつ電極233、234に接続するように振動子

2 3 1 が形成されている。上記第 1 入力電極 2 1 1、第 2 出力電極 2 2 2、第 1 出力電極 2 2 1 および第 2 入力電極 2 1 2 と、振動子 2 3 1 との間の空間 2 4 1 は、例えば  $0.1 \mu\text{m}$  程度に形成されている。

このように構成された MEMS 共振器 2 0 1 は、図 1 2 に示すような  
5 振動曲線を描いて振動子 2 3 1 は 3 次モードで振動する。この結果、MEMS 共振器 2 0 1 は、入力  $I_{n1}$  から第 1 入力電極 2 1 1 に平衡で信号を入力し、その入力信号は第 1 出力電極 2 2 1 から出力  $O_{ut1}$  へ信号を平衡で出力する。同様に、入力  $I_{n2}$  から第 2 入力電極 2 1 2 に平衡で信号を入力し、その入力信号は第 2 出力電極 2 2 2 から出力  $O_{ut2}$  へ信号を平衡で出力する。このように、平衡で入力された信号は平衡  
10 で出力される。

#### [実施例 5]

次に、本発明の MEMS 共振器 2 0 2 に係る実施例 5 を、図 1 3 A の概略構成断面図および図 1 3 B の平面レイアウト図によって説明する。

15 図 1 3 A および図 1 3 B に示すように、表面に絶縁膜（図示せず）が形成された基板 2 1 0 上には、平衡で信号を入力する第 1 入力電極 2 1 1 と第 2 入力電極 2 1 2 および平衡で信号を出力する第 1 出力電極 2 2 1 と第 2 出力電極 2 2 2 が、第 1 入力電極 2 1 1、第 2 入力電極 2 1 2、第 1 出力電極 2 2 1、第 2 出力電極 2 2 2 の順に並行に、かつ上記第 1  
20 入力電極 2 1 1 と第 1 出力電極 2 2 1 のそれぞれの位置における後述する振動子 2 3 1 の振幅の位相が同位相となるように、また上記第 2 入力電極 2 1 2 と第 2 出力電極 2 2 2 のそれぞれの位置における振動子 2 3 1 の振幅の位相が同位相となるとともに上記第 1 入力電極 2 1 1 の位置における振動子 2 3 1 の位相とは  $180$  度異なる位相となるような位置  
25 に配置されている。

また、上記第 1 入力電極 2 1 1、第 2 入力電極 2 1 2、第 1 出力電極

2 2 1 および第 2 出力電極 2 2 2 を挟むように振動子の電極 2 3 3、2  
3 4 が形成されている。上記第 1 入力電極 2 1 1、第 2 入力電極 2 1 2、  
第 1 出力電極 2 2 1 および第 2 出力電極 2 2 2 上には、空間 2 4 1 を介  
して対向するように、かつ電極 2 3 3、2 3 4 に接続するように振動子  
5 2 3 1 が形成されている。上記第 1 入力電極 2 1 1、第 2 出力電極 2 2  
2、第 1 出力電極 2 2 1 および第 2 入力電極 2 1 2 と、振動子 2 3 1 と  
の間の空間 2 4 1 は、例えば  $0.1 \mu\text{m}$  程度に形成されている。

このように構成された MEMS 共振器 2 0 2 は、図 1 4 に示すような  
振動曲線を描いて振動子 2 3 1 は 3 次モードで振動する。この結果、M  
10 EMS 共振器 1 は、入力  $I_{n1}$  から第 1 入力電極 2 1 1 に平衡で信号を  
入力し、その入力信号は第 1 出力電極 2 2 1 から出力  $O_{ut1}$  へ信号を  
平衡で出力する。同様に、入力  $I_{n2}$  から第 2 入力電極 2 1 2 に平衡で  
信号を入力し、その入力信号は第 2 出力電極 2 2 2 から出力  $O_{ut2}$  へ  
信号を平衡で出力する。このように、平衡で入力された信号は平衡で出  
15 力される。

#### [実施例 6]

上記実施例 4 および実施例 5 では 4 次モードの MEMS 共振器を説明  
したが、本発明の MEMS 共振器は、 $2n$  次モード ( $n$  は 2 以上の自然  
数) の振動を得るものとすることもできる。例えば、6 次モードの振動  
20 を得る MEMS 共振器の一例を、図 1 5 の概略構成断面図によって説明  
する。

図 1 5 に示すように、表面に絶縁膜 (図示せず) が形成された基板 2  
1 0 上には、平衡で信号を入力する第 1 入力電極 2 1 1 と第 2 入力電極  
2 1 2 と第 3 入力電極 2 1 3 と第 4 入力電極 2 1 4、および平衡で信号  
25 を出力する第 1 出力電極 2 2 1 と第 2 出力電極 2 2 2 が、第 1 入力電極  
2 1 1、第 2 入力電極 2 1 2、第 1 出力電極 2 2 1、第 2 出力電極 2 2



2、第3入力電極213、第4入力電極214の順に並行に、かつ上記第1入力電極211と第1出力電極221と第3入力電極213のそれぞれの位置における後述する振動子231の振幅の位相が同位相となるような位置に、また上記第2入力電極212と第2出力電極222と第4入力電極214のそれぞれの位置における振動子231の振幅の位相が同位相となるとともに上記第1入力電極211の位置における振動子231の位相とは180度異なる位相となるような位置に配置されている。

また、上記第1入力電極211、第2入力電極212、第3入力電極213、第4入力電極214、第1出力電極221および第2出力電極222を挟むように振動子の電極233、234が形成されている。上記第1入力電極211、第2入力電極212、第3入力電極213、第4入力電極214、第1出力電極221および第2出力電極222上には、空間241を介して対向するように、かつ電極233、234に接続するように振動子231が形成されている。上記第1入力電極211、第1入力電極211、第1出力電極221、第2出力電極222、第3入力電極213および第4入力電極214と、振動子231との間の空間241は、例えば0.1 $\mu$ m程度に形成されている。

このように構成されたMEMS共振器203は、図15に示すような振動曲線を描いて振動子231は6次モードで振動する。この結果、MEMS共振器201は、入力In1から第1入力電極211および第3入力電極213に平衡で信号を入力し、その入力信号は第1出力電極221から出力Out1へ信号を平衡で出力する。同様に、入力In2から第2入力電極212および第4入力電極214に平衡で信号を入力し、その入力信号は第2出力電極222から出力Out2へ信号を平衡で出力する。このように、平衡で入力された信号は平衡で出力される。

$2n$  ( $n$  は 2 以上の自然数とする。) 次の振動モードとなる本発明の MEMS 共振器における各入力電極 (第 1 入力電極、第 2 入力電極、第 3 入力電極、...) および各出力電極 (第 1 出力電極、第 2 出力電極、第 3 出力電極、...) の配置位置は、下記のようになる。

- 5 第 1 入力電極は  $2n$  個内の奇数番目に配置され、第 1 入力電極に入力された信号を出力する第 1 出力電極は  $2n$  個内の上記第 1 入力電極が配置された以外の奇数番目に配置される。また、第 2 入力電極は  $2n$  個内の偶数番目に配置され、第 2 入力電極に入力された信号を出力する第 2 出力電極は  $2n$  個内の上記第 2 入力電極が配置された以外の偶数番目に配置される。そして 6 次モード以上の場合には、さらに第 3 入力電極以降 (第 3 入力電極、第 4 入力電極、...) の入力電極は上記第 1 入力電極と同一位相の場合には  $2n$  個内の空いている奇数番目に配置し、上記第 2 入力電極と同一位相の場合には  $2n$  個内の空いている偶数番目に配置し、第 3 出力電極以降 (第 3 出力電極、第 4 出力電極、...) の出力電極は上記第 1 出力電極と同一位相の場合には  $2n$  個内の空いている奇数番目に配置し、上記第 2 出力電極と同一位相の場合には  $2n$  個内の空いている偶数番目に配置すればよい。

- 上記説明したように、本発明の MEMS 共振器は、入力電極に平衡で信号を入力し、その信号が出力電極から平衡で出力されるように、各入力電極、各出力電極が配置されるものであれば、 $2n$  次 ( $n$  は 2 以上の自然数) の MEMS 共振器とすることができる。このように高次モードの MEMS 共振器では、振動子の長さが長くなるので、振動子の加工精度を高めることができる。なお、高次モードの MEMS 共振器とするには、振動子やその支持部の耐久性を考慮して入力電極および出力電極の数を決定する必要がある。

[実施例 7]

次に、本発明のMEMS共振器201に係る製造方法の一例を、図16A乃至図16Hの製造工程断面図によって説明する。

図16Aに示すように、半導体基板251に絶縁膜252を形成する。半導体基板251には、例えばシリコン基板を用い、絶縁膜252には、  
5 例えば窒化シリコン(SiN)膜を用いる。この窒化シリコン膜は、例えば1 $\mu$ mの厚さに形成する。なお、窒化シリコン膜の代わりに酸化シリコン膜と窒化シリコン膜との積層膜を用いてもよい。このように基板210は、一例として半導体基板251であるシリコン基板上に絶縁膜252が形成されたものからなる。さらに、絶縁膜252上に電極形成  
10 膜253を形成する。この電極形成膜253は、例えばポリシリコン膜で形成され、例えば0.5 $\mu$ mの厚さに形成される。

次いで、図16Bに示すように、レジスト塗布、リソグラフィ技術により入力電極形状および出力電極形状に上記電極形成膜253を加工するためのレジストマスクを形成した後、このレジストマスクを用いた  
15 エッチング加工により、上記電極形成膜253〔前記図16A参照〕で第1入力電極211と第2出力電極222と第1出力電極221と第2入力電極212とを形成する。同時に、上記電極形成膜253〔前記図16A参照〕で振動子の電極233、234も形成する。このとき、上記第1入力電極211と第1出力電極221とはそれぞれの位置におけ  
20 る後に形成される振動子の振幅の位相が同位相となる位置に配置されるとともに、上記第2入力電極212と第2出力電極222とはそれぞれの位置における後に形成する振動子の振幅の位相が同位相となる位置でかつ上記第1入力電極211が形成される位置における後に形成する振動子の振幅の位相とは180度異なる位相となる位置に配置される。例  
25 えば、第1入力電極211、第2出力電極222、第1出力電極221、第2入力電極212の順に形成される。また、上記振動子の電極233、

2 3 4 は、第 1 入力電極 2 1 1、第 2 出力電極 2 2 2、第 1 出力電極 2 2 1 および第 2 入力電極 2 1 2 の電極群を、間隔を置いて挟むように形成される。上記第 1、第 2 入力電極 2 1 1、2 1 2、第 1、第 2 出力電極 2 2 1、2 2 2 の配置は、入力信号が各入力電極に平衡入力され、出力信号が各出力電極より平衡出力される位置であればよい。

次いで、図 1 6 C に示すように、上記第 1 入力電極 2 1 1、第 2 出力電極 2 2 2、第 1 出力電極 2 2 1、第 2 入力電極 2 1 2 および振動子の電極 2 3 4 を被覆する様にかつ上記第 1、第 2 入力電極 2 1 1、2 1 2 および第 1、第 2 出力電極 2 2 1、2 2 2 よりも厚く犠牲層 2 5 4 を形成する。この犠牲層 2 5 4 は、例えば酸化シリコン膜で形成され、その厚さは例えば 0.5  $\mu\text{m}$  とする。この犠牲層 2 5 4 は、上記絶縁膜 2 5 2、各電極に対して選択的にエッチングされる材料であればよい。

次いで、図 1 6 D に示すように、化学的機械研磨を用いて、上記犠牲層 2 5 4 の表面を平坦化する。このとき、上記第 1、第 2 入力電極 2 1 1、2 1 2 上および第 1、第 2 出力電極 2 2 1、2 2 2 上に、犠牲層 2 5 4 が薄く残るようにする。この残す厚さは、その後に形成される振動子と上記第 1、第 2 入力電極 2 1 1、2 1 2 および第 1、第 2 出力電極 2 2 1、2 2 2 との間隔を決定することになるので、その間隔分だけ残す。例えば、第 1、第 2 入力電極 2 1 1、2 1 2 上および第 1、第 2 出力電極 2 2 1、2 2 2 に犠牲層 2 5 4 が 0.1  $\mu\text{m}$  の厚さだけ残るようにする。同様に、電極 2 3 3、2 3 4 上にも犠牲層 2 5 4 が残される。

次いで、図 1 6 E に示すように、通常のレジスト塗布、リソグラフィ技術によるエッチングマスクの形成およびそのエッチングマスクを用いたエッチングにより、犠牲層 2 5 4 の一部をエッチング加工して上記電極 2 3 3、2 3 4 の一部を露出させる開口部 2 5 5、2 5 6 を形成する。

次いで、図 1 6 F に示すように、犠牲層 2 5 4 が形成されている側の全面に振動子形成膜 2 5 7 を形成する。この振動子形成膜 2 5 7 は、例えばポリシリコン膜で形成し、例えば  $0.5 \mu\text{m}$  の厚さに形成する。

5 次いで、図 1 6 G に示すように、通常のレジスト塗布、リソグラフィ技術によるエッチングマスクの形成およびそのエッチングマスクを用いたエッチング加工により、振動子形成膜 2 5 7 をエッチング加工してビーム状の振動子 2 3 1 を形成する。この振動子 2 3 1 は、上記開口部 2 5 5、2 5 6 を通して電極 2 3 3、2 3 4 に接続されている。

10 次いで、図 1 6 H に示すように、ウェットエッチングによって、犠牲層 2 5 4 [前記図 1 6 G 参照] をエッチング除去する。ここでは、犠牲層 2 5 4 を酸化シリコンで形成しているのので、フッ酸を用いた。この結果、第 1 入力電極 2 1 1、第 2 出力電極 2 2 2、第 1 出力電極 2 2 1、第 2 入力電極 2 1 2 の各両側、および第 1 入力電極 2 1 1、第 2 出力電極 2 2 2、第 1 出力電極 2 2 1、第 2 入力電極 2 1 2 と振動子 2 3 1 と  
15 の各間に空間 2 4 1 が形成される。この空間 2 4 1 は、第 1 入力電極 2 1 1、第 2 出力電極 2 2 2、第 1 出力電極 2 2 1 および第 2 入力電極 2 1 2 と振動子 2 3 1 との間の距離が  $0.1 \mu\text{m}$  程度となっている。このようにして、MEMS 共振器 2 0 1 が形成される。

20 上記製造方法において成膜される各膜の成膜方法は、CVD 法、スパッタリング法、蒸着法等を採用することができる。また、上記した各膜厚は適宜設計されるものである。また、上記絶縁膜 2 5 2 の最表面を酸化シリコンで形成し、各電極をポリシリコンで形成した場合には、上記犠牲層 2 5 4 は窒化シリコンで形成することができる。この場合の犠牲層 2 5 4 のウェットエッチングは熱リン酸を用いればよい。

25 上記製造方法によれば、平衡入力を平衡出力することができる 4 次モードの MEMS 共振器 2 0 1 を得ることができる。

## 〔実施例 8 〕

次に、本発明のMEMS共振器202に係る製造方法は、前記図16A乃至図16Hの製造工程断面図によって説明した本発明のMEMS共振器201に係る製造方法において、第1入力電極211はそのまま第1入力電極とし、第2出力電極222の位置に第2入力電極を形成し、第1出力電極221はそのまま第1出力電極とし、第2入力電極212の位置に第2出力電極を形成すればよい。その他の工程は、実施例6で説明した製造工程と同様である。

## 〔実施例 9 〕

次に、本発明のMEMS共振器1もしくはMEMS共振器2を周波数フィルタに用いた実施例を、図17のブロック図によって説明する。

上記説明したように、本発明のMEMS共振器201は平衡入力平衡出力となって出力されるため、この共振器201を周波数フィルタに用いた場合、不平衡出力を平衡出力とする balan 素子を用いる必要がない。すなわち、図17に示すように、本発明のMEMS共振器201を用いた周波数フィルタ271によって、前段デバイス（例えば集積回路）281からの出力信号（平衡入力）は平衡出力として出力される。そのため、周波数フィルタ271に直接、後段デバイス（例えば集積回路）282を接続することができる。

上記MEMS共振器202、203も上記MEMS共振器201と同様に、前記図17によって説明した周波数フィルタに用いることができる。

上記実施例4～実施例9では、第1入力電極211、第2入力電極212、第1出力電極221、第2出力電極222、電極234等の各電極はポリシリコン以外に金属を用いることができる。この金属としては、例えばアルミニウム、金、銅、タングステン等の半導体装置に金属配線

として用いる材料を用いることができる。

上述した実施例 4 ～実施例 6 に係る本発明の MEMS 共振器は、平衡で入力する入力電極と平衡で出力する出力電極とを備えていることから、平衡入力、平衡出力が可能になる。このため、本発明の MEMS 共振器を用いている周波数フィルタ、特に RF フィルタや IF フィルタにおいては、従来のビーム式共振器を用いた RF フィルタや IF フィルタで必要であったバラン素子が必要なくなり、回路の単純化、小型化、低コスト化が可能となるという利点がある。

また、上述した実施例 7 及び実施例 8 に係る本発明の MEMS の共振器の製造方法では、入力電極と出力電極とは同時に形成され、入力電極には第 1 入力電極と第 2 入力電極とを形成し、出力電極には第 1 出力電極と第 2 出力電極とを形成し、第 1 入力電極と第 1 出力電極とはそれぞれの位置における振動子の振幅の位相が同位相となるように配置され、第 2 入力電極と第 2 出力電極とはそれぞれの位置における振動子の振幅の位相が同位相となるようにかつ第 1 入力電極の位置における振動子の振幅の位相とは 180 度異なる位相となるように配置されることから、MEMS の共振器は各入力電極に対して平衡入力したものは、各出力電極により平衡出力が可能となるものとなる。

この実施例 4 ～実施例 9 では、平衡入力を平衡出力で出力するという目的を、平衡入力信号を入力する入力電極と平衡出力信号を出力する出力電極とを同位相の位置に配置することで、バラン素子を用いずに実現した。

#### 産業上の利用可能性

本発明のマイクロ電気機械システムの共振器およびその駆動方法は、周波数フィルタ（RF フィルタ、IF フィルタ等）、発振器等の用途に

適用できる。



## 請 求 の 範 囲

1. 信号を入力する入力電極と、  
信号を出力する出力電極と、
- 5 前記入力電極および前記出力電極に対して空間を介して対向する振動子と  
を備えたマイクロ電気機械システムの共振器において、  
前記出力電極は平衡で信号を出力する電極からなる  
ことを特徴とするマイクロ電気機械システムの共振器。
- 10 2. 信号を入力する入力電極と、  
信号を出力する出力電極と、  
前記入力電極および前記出力電極に対して空間を介して対向する振動子と  
を備えたマイクロ電気機械システムの共振器において、
- 15 前記出力電極は不平衡で入力して平衡で出力する電極からなる  
ことを特徴とするマイクロ電気機械システムの共振器。
3. 前記出力電極は前記入力電極の一方側に間隔を置いて設けた第1出力電極と第2出力電極とからなり、  
前記第1出力電極は前記入力電極の位相と180度異なる位相の位置
- 20 に配置され、  
前記第2出力電極は入力電極の位相と同位相の位置に配置される  
ことを特徴とする請求項2記載のマイクロ電気機械システムの共振器。
4. 前記第1出力電極は前記第2出力電極の両側に設けられている  
ことを特徴とする請求項3記載のマイクロ電気機械システムの共振器。
- 25 5. 前記出力電極は第1出力電極と第2出力電極とからなり、  
前記入力電極は複数の入力電極からなり、

前記第 1 出力電極は前記複数の入力電極と同数設けられていて前記第 1 出力電極と前記複数の入力電極とは交互にかつ前記入力電極の位相と 180 度異なる位相の位置に配置され、

前記第 2 出力電極は前記入力電極と前記第 1 出力電極の配列の最も端に設けられた前記第 1 出力電極の前記入力電極とは反対側に配置されかつ前記入力電極の位相と同位相の位置に配置される

ことを特徴とする請求項 2 記載のマイクロ電気機械システムの共振器。

6. 信号を入力する入力電極と、

信号を出力する出力電極と、

10 前記入力電極および前記出力電極に対して空間を介して対向する振動子と

を備えたマイクロ電気機械システムの共振器において、

前記入力電極に平衡で信号が入力され、

前記出力電極は平衡で信号が出力される

15 ことを特徴とするマイクロ電気機械システムの共振器。

7. 前記入力電極は第 1 入力電極と第 2 入力電極とからなり、

前記出力電極は第 1 出力電極と第 2 出力電極とからなり、

前記第 1 入力電極と前記第 1 出力電極とはそれぞれの位置における前記振動子の振幅の位相が同位相となるように配置され、

20 第 2 入力電極と第 2 出力電極とはそれぞれの位置における前記振動子の振幅の位相が同位相の位置でかつ前記第 1 入力電極の位置における前記振動子の振幅の位相とは 180 度異なる位相となるように配置されている

ことを特徴とする請求項 6 記載のマイクロ電気機械システムの共振器。

25 8. 前記第 1 入力電極、前記第 2 出力電極、前記第 1 出力電極、前記第 2 入力電極の順に配置されている

ことを特徴とする請求項 7 記載のマイクロ電気機械システムの共振器。

9. 前記第 1 入力電極、前記第 2 入力電極、前記第 1 出力電極、前記第 2 出力電極の順に配置されている

ことを特徴とする請求項 7 記載のマイクロ電気機械システムの共振器。

5 10. 前記入力電極は複数個の入力電極からなり、

前記出力電極は複数個の出力電極からなり、

前記各入力電極のうちの第 1 入力電極と前記各出力電極のうちの第 1 出力電極とはそれぞれの位置における前記振動子の振幅の位相が同位相となるように配置され、

10 前記各入力電極のうちの第 2 入力電極と前記各出力電極のうちの第 2 出力電極とはそれぞれの位置における前記振動子の振幅の位相が同位相となるようにかつ前記第 1 入力電極の位置における前記振動子の振幅の位相とは 180 度異なる位相となるように配置され、

15 前記入力電極のうち残りの入力電極は前記第 1 入力電極もしくは前記第 2 入力電極の位置における前記振動子の振幅の位相と同位相となるように配置され、

前記出力電極のうち残りの出力電極は前記第 1 出力電極もしくは前記第 2 出力電極の位置における前記振動子の振幅の位相と同位相となるように配置される

20 ことを特徴とする請求項 6 記載のマイクロ電気機械システムの共振器。

11. 信号を入力する入力電極と、

信号を出力する出力電極と、

前記入力電極および前記出力電極に対して空間を介して対向する振動子と

25 を備えたマイクロ電気機械システムの共振器の駆動方法において、不平衡で入力して平衡で出力する

ことを特徴とするマイクロ電気機械システムの共振器の駆動方法。

1 2. 前記出力電極は前記入力電極の一方側に間隔を置いて設けた第 1 出力電極と第 2 出力電極とからなり、

5 前記第 1 出力電極は前記入力電極の位相と 180 度異なる位相の位置に配置され、

前記第 2 出力電極は入力電極の位相と同位相の位置に配置される

ことを特徴とする請求項 11 記載のマイクロ電気機械システムの共振器の駆動方法。

1 3. 前記第 1 出力電極は前記第 2 出力電極の両側に設けられている  
10 ことを特徴とする請求項 12 記載のマイクロ電気機械システムの共振器の駆動方法。

1 4. 前記出力電極は第 1 出力電極と第 2 出力電極とからなり、  
前記入力電極は複数の入力電極からなり、

前記第 1 出力電極は前記複数の入力電極と同数設けられていて前記第  
15 1 出力電極と前記複数の入力電極とは交互にかつ前記入力電極の位相と 180 度異なる位相の位置に配置され、

前記第 2 出力電極は前記入力電極と前記第 1 出力電極の配列の最も端に設けられた前記第 1 出力電極の前記入力電極とは反対側に配置されかつ前記入力電極の位相と同位相の位置に配置される

20 ことを特徴とする請求項 11 記載のマイクロ電気機械システムの共振器の駆動方法。

1 5. 信号を入力する入力電極と、  
信号を出力する出力電極と、

前記入力電極および前記出力電極に対して空間を介して対向する振動  
25 子と

を備えたマイクロ電気機械システムの共振器において、

前記出力電極は不平衡で入力して平衡で出力する電極からなる  
マイクロ電気機械システムの共振器を備えた  
ことを特徴とする周波数フィルタ。

1 6. 前記出力電極は前記入力電極の一方側に間隔を置いて設けた第  
5 1 出力電極と第 2 出力電極とからなり、

前記第 1 出力電極は前記入力電極の位相と 1 8 0 度異なる位相の位置  
に配置され、

前記第 2 出力電極は入力電極の位相と同位相の位置に配置される  
ことを特徴とする請求項 1 5 記載の周波数フィルタ。

10 1 7. 信号を入力する入力電極と、  
信号を出力する出力電極と、

前記入力電極および前記出力電極に対して空間を介して対向する振動  
子と

を備えたマイクロ電気機械システムの共振器を備えた周波数フィルタ  
15 において、

前記入力電極に平衡で信号が入力され、前記出力電極は平衡で信号が  
出力される

ことを特徴とする周波数フィルタ。

1 8. 前記入力電極は第 1 入力電極と第 2 入力電極とからなり、

20 前記出力電極は第 1 出力電極と第 2 出力電極とからなり、

前記第 1 入力電極と前記第 1 出力電極とはそれぞれの位置における前  
記振動子の振幅の

位相が同位相となるように配置され、

第 2 入力電極と第 2 出力電極とはそれぞれの位置における前記振動子  
25 の振幅の位相が同位相の位置でかつ前記第 1 入力電極の位置における前  
記振動子の振幅の位相とは 1 8 0 度異なる位相となるように配置されて

いる

ことを特徴とする請求項 17 記載の周波数フィルタ。

19. 信号を入力する入力電極と、

信号を出力する出力電極と、

5 前記入力電極および前記出力電極に対して空間を介して対向する振動子と

を備えたマイクロ電気機械システムの共振器の製造方法において、

前記入力電極と前記出力電極とは同時に形成され、

前記入力電極には第 1 入力電極と第 2 入力電極とを形成し、

10 前記出力電極には第 1 出力電極と第 2 出力電極とを形成し、

前記第 1 入力電極と前記第 1 出力電極とはそれぞれの位置における前記振動子の振幅の位相が同位相となるように配置され、

第 2 入力電極と第 2 出力電極とはそれぞれの位置における前記振動子の振幅の位相が同位相となるようにかつ前記第 1 入力電極の位置におけ

15 る前記振動子の振幅の位相とは 180 度異なる位相となるように配置される

ことを特徴とするマイクロ電気機械システムの共振器の製造方法。

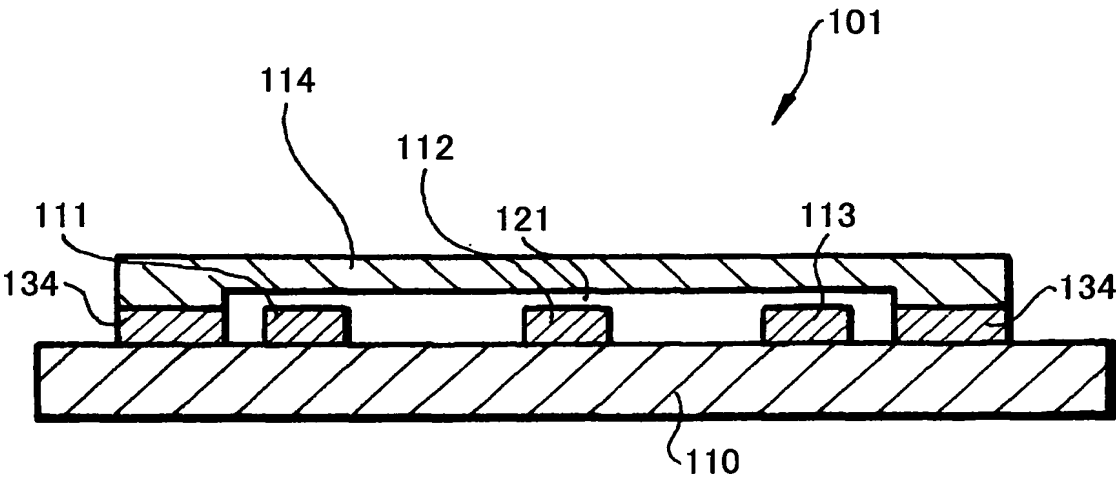


Fig.1

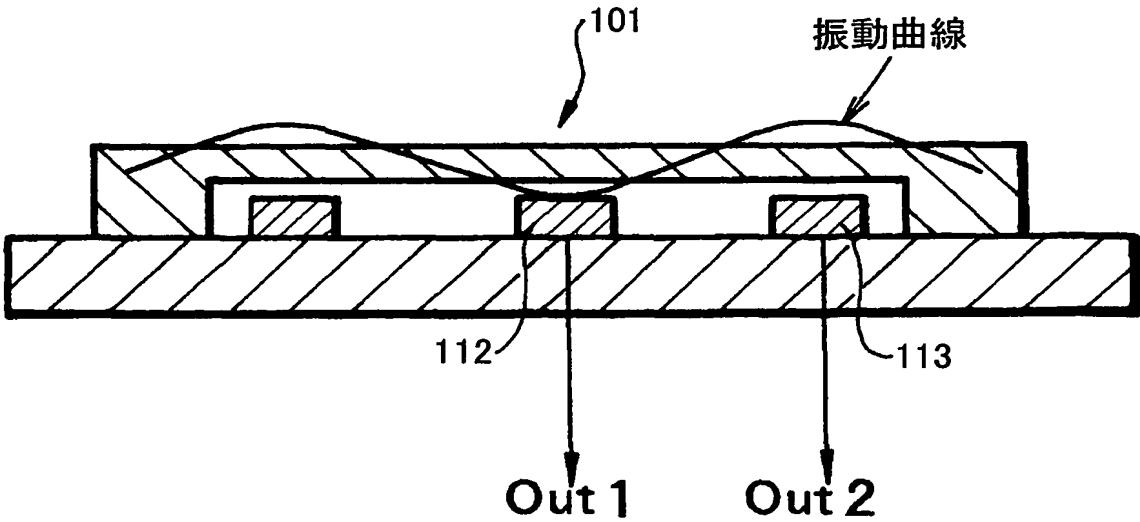


Fig.2

Fig.3A

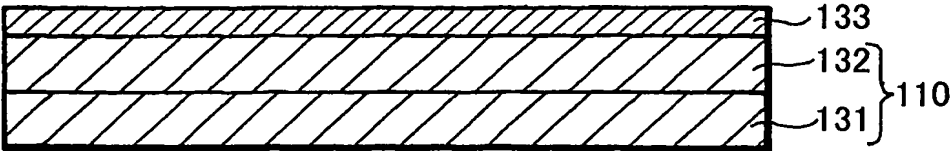


Fig.3B

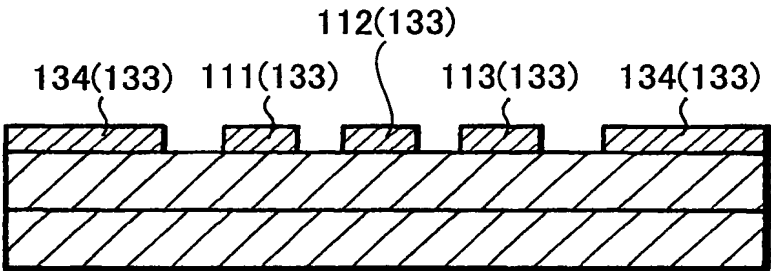


Fig.3C

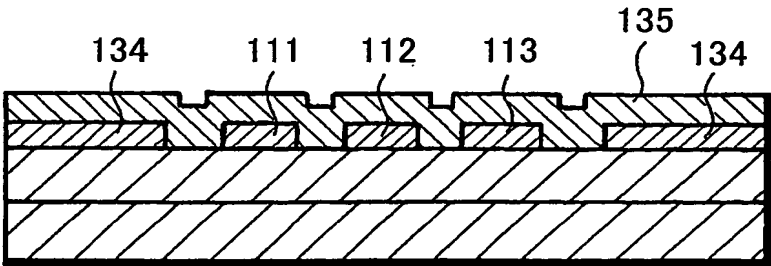


Fig.3D

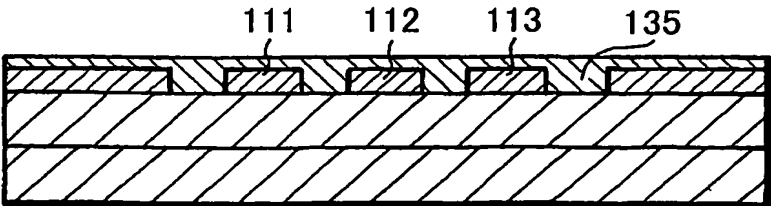




Fig.3E

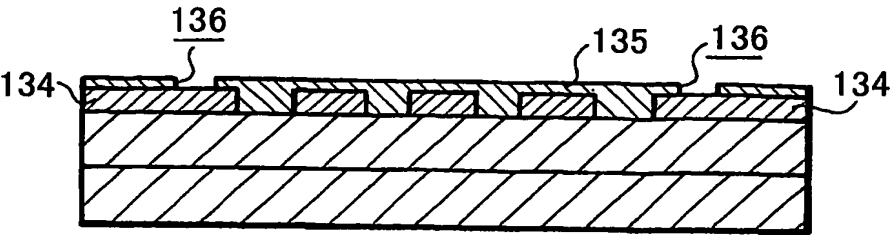


Fig.3F

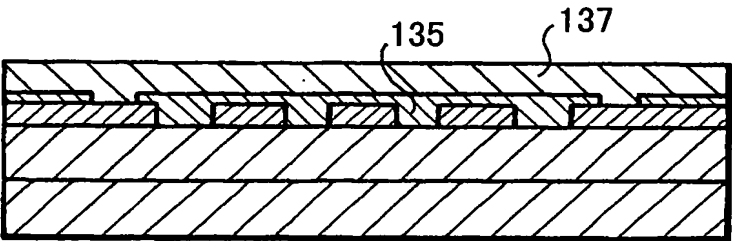


Fig.3G

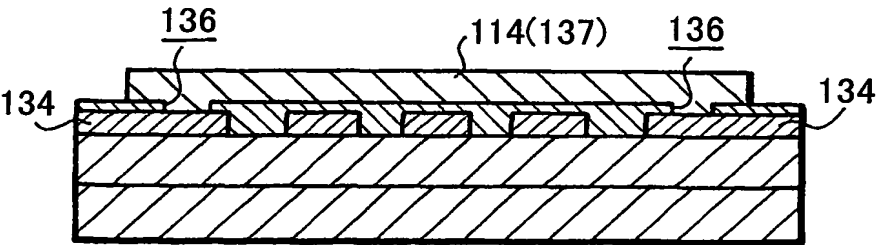
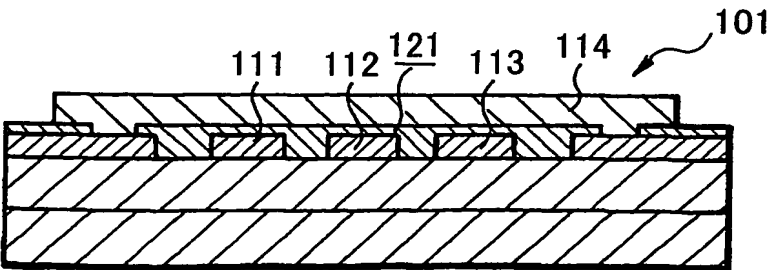


Fig.3H



4/15

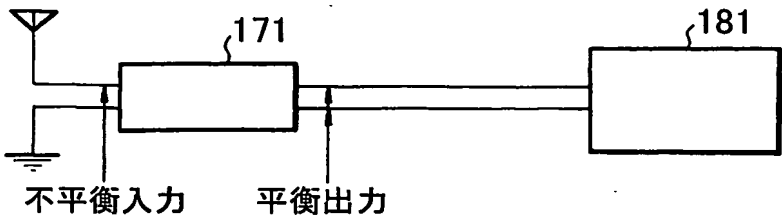


Fig.4

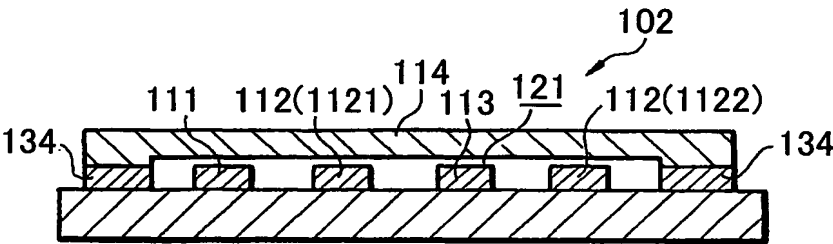


Fig.5

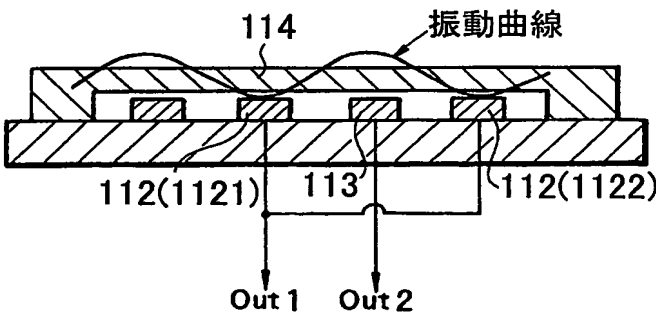


Fig.6

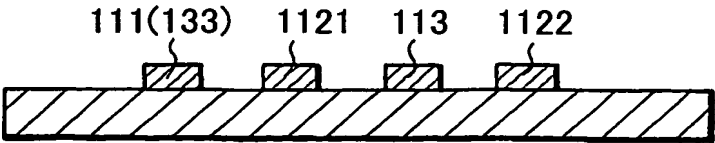


Fig.7

5/15

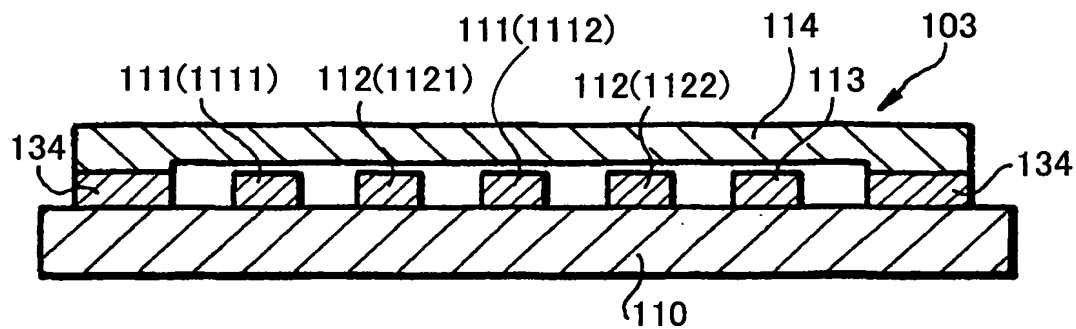


Fig.8

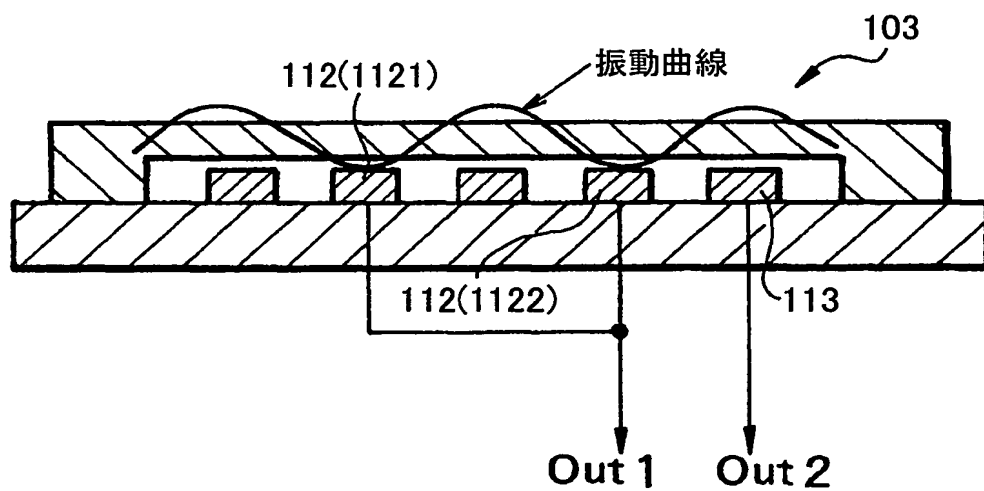


Fig.9

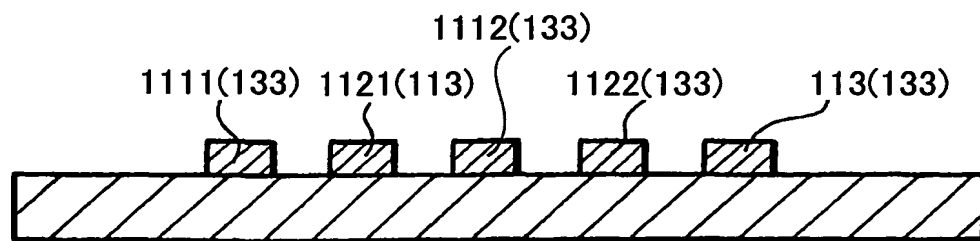


Fig.10

6/15

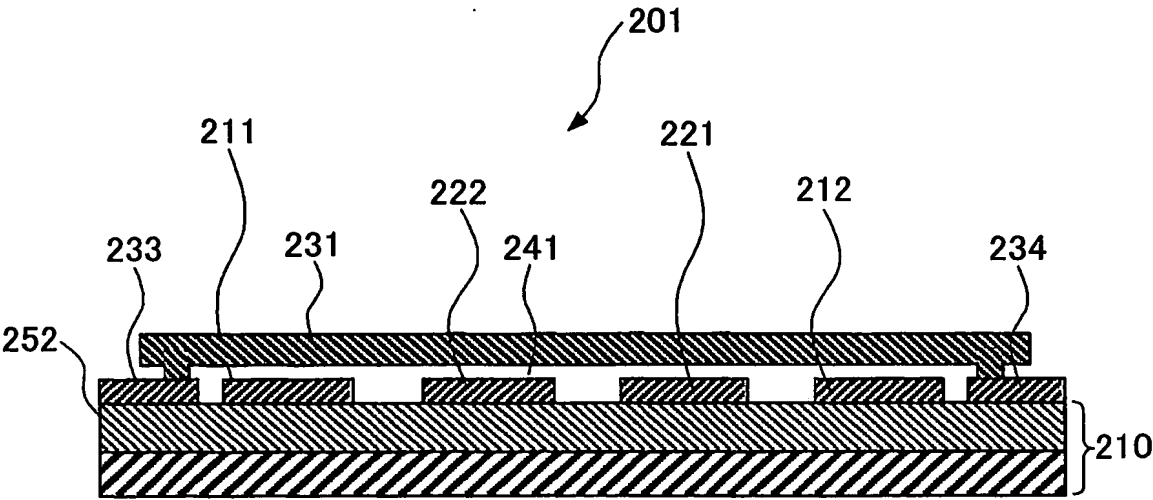


Fig.11A

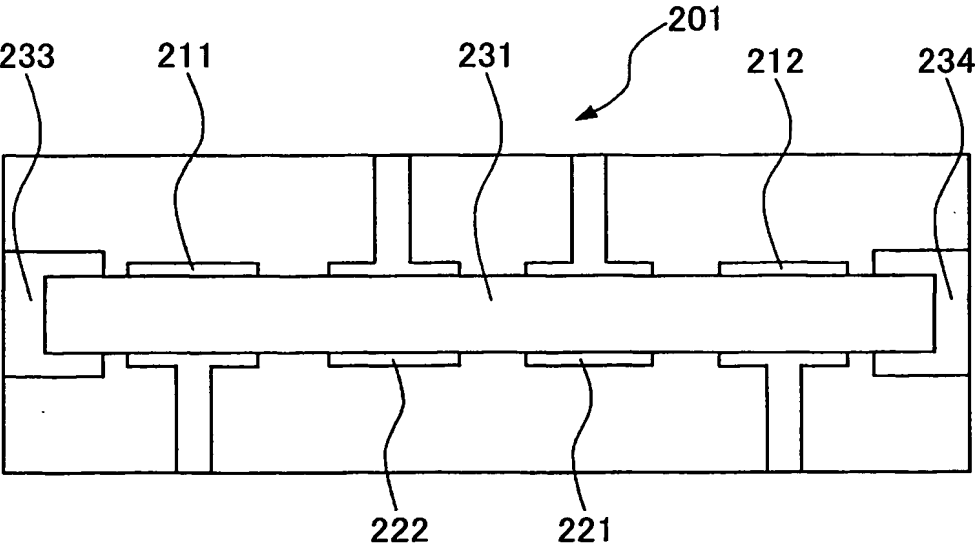


Fig.11B

7/15

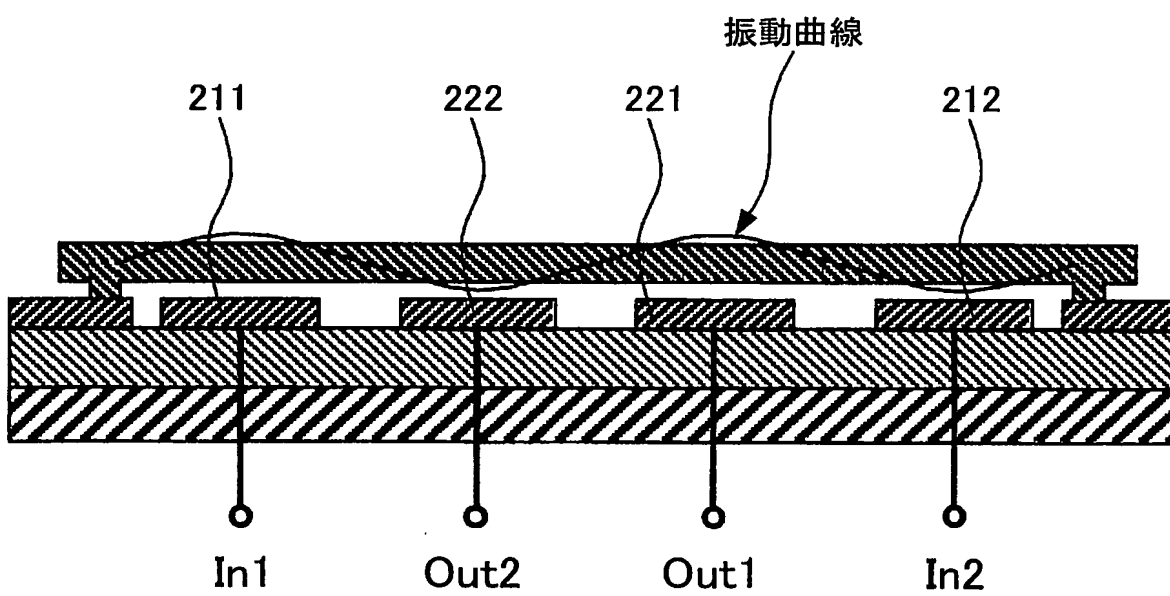


Fig.12

8/15

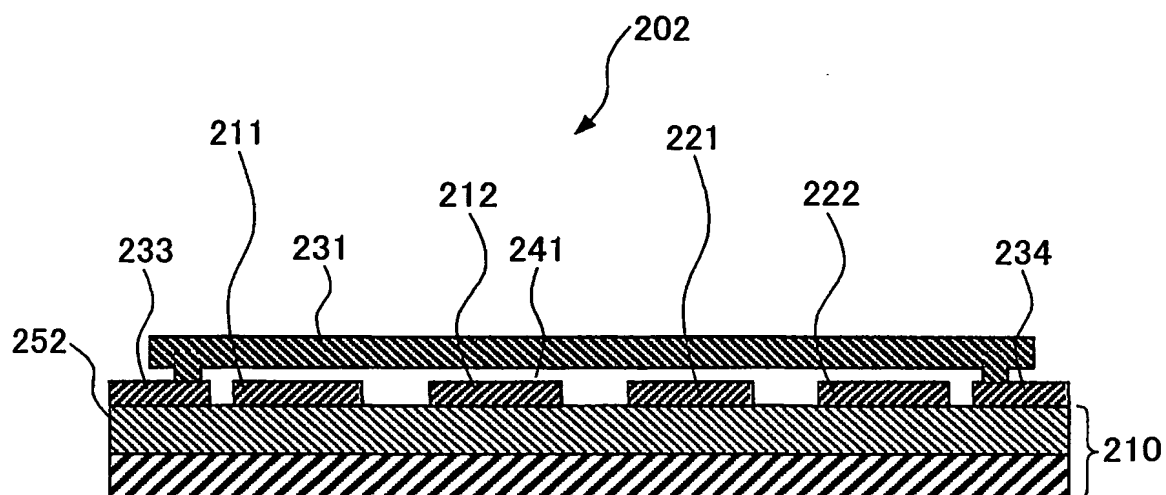


Fig.13A

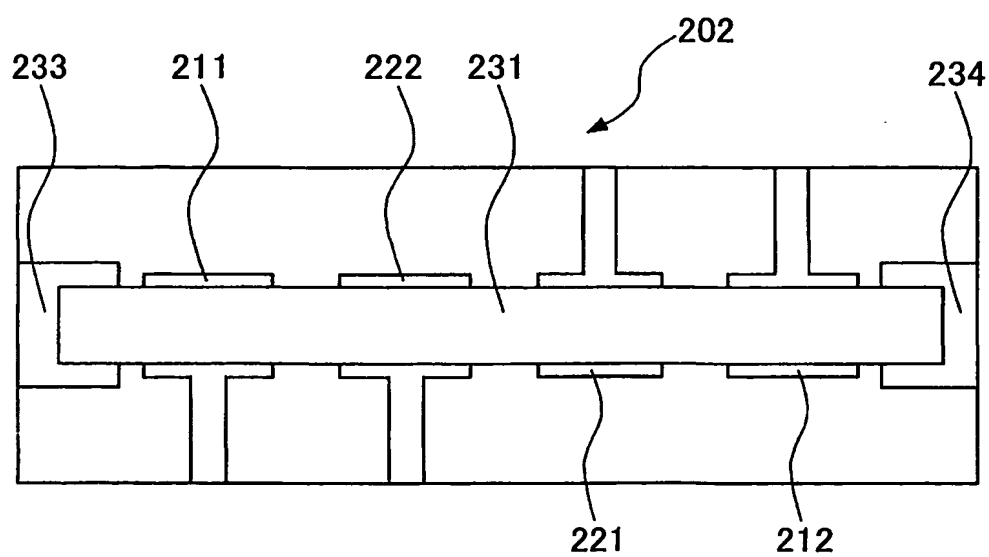


Fig.13B

9/15

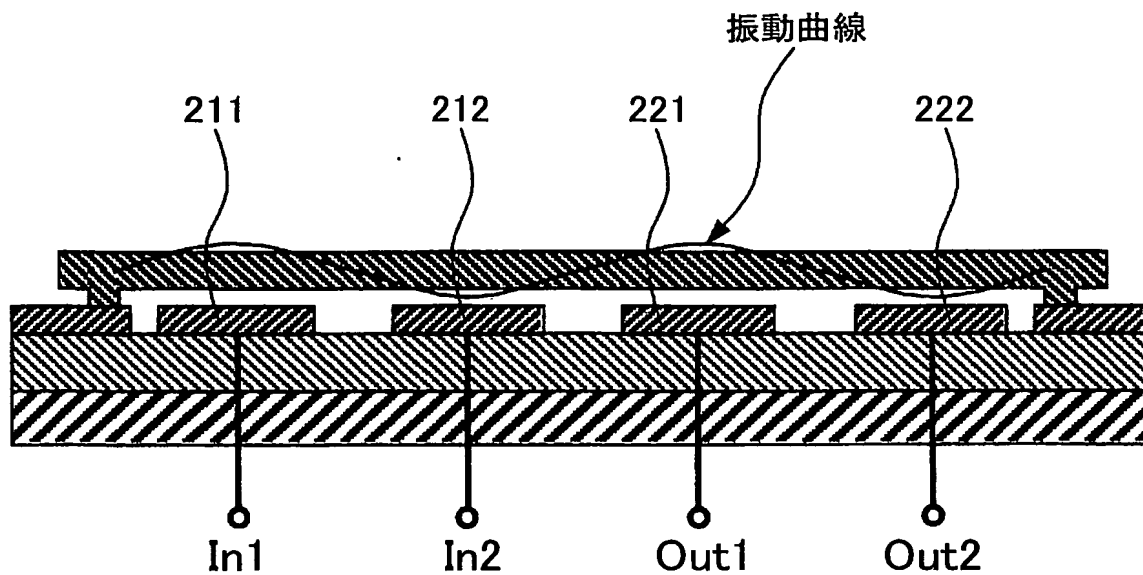


Fig.14

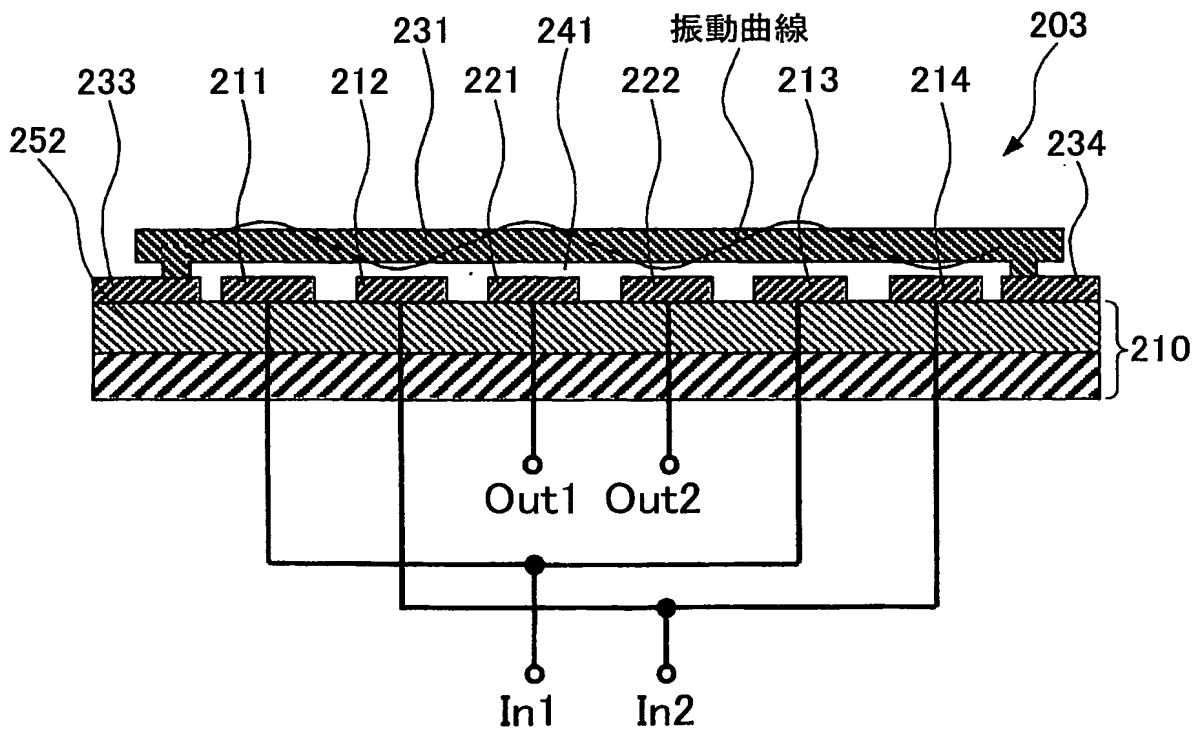


Fig.15

Fig.16A

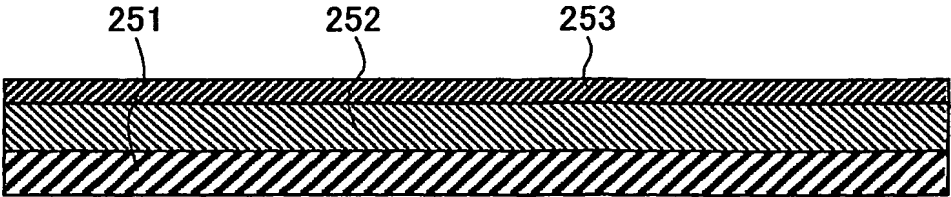


Fig.16B

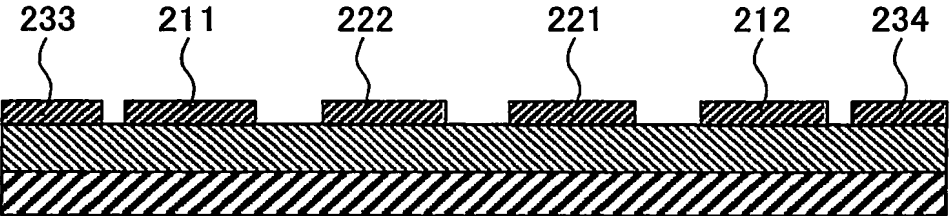


Fig.16C

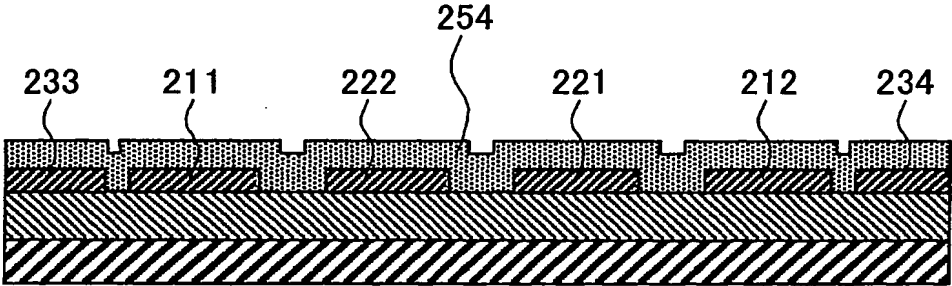
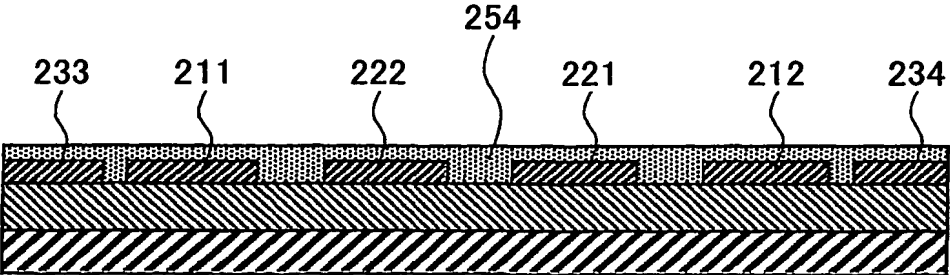
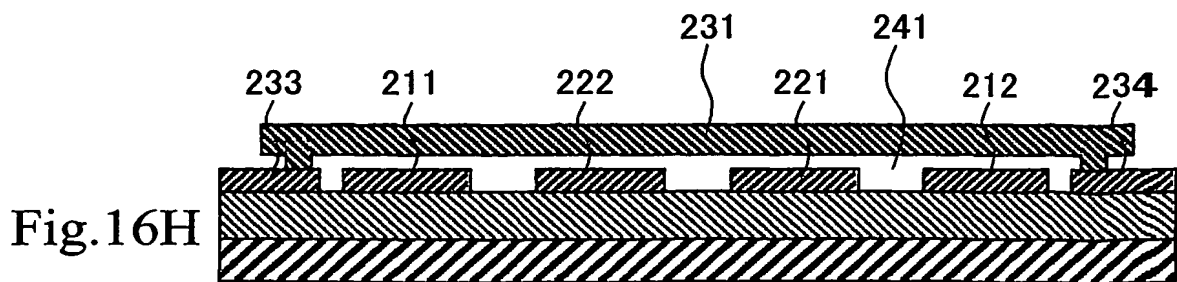
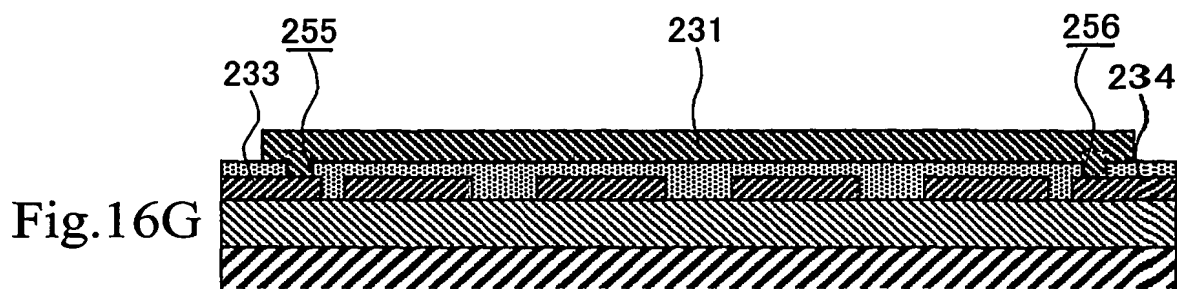
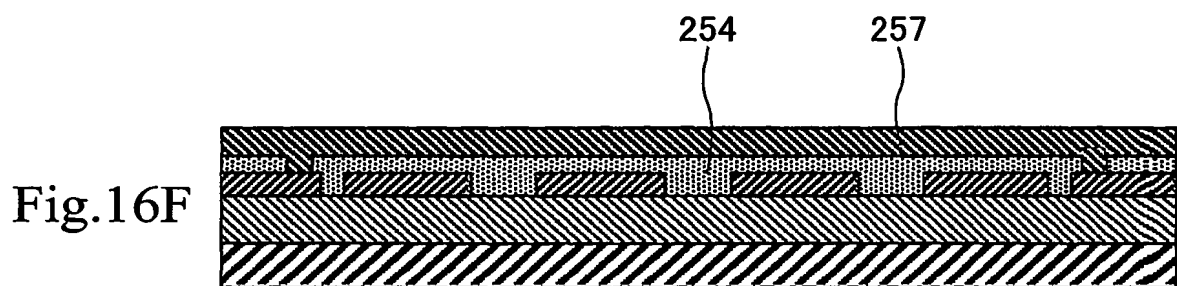
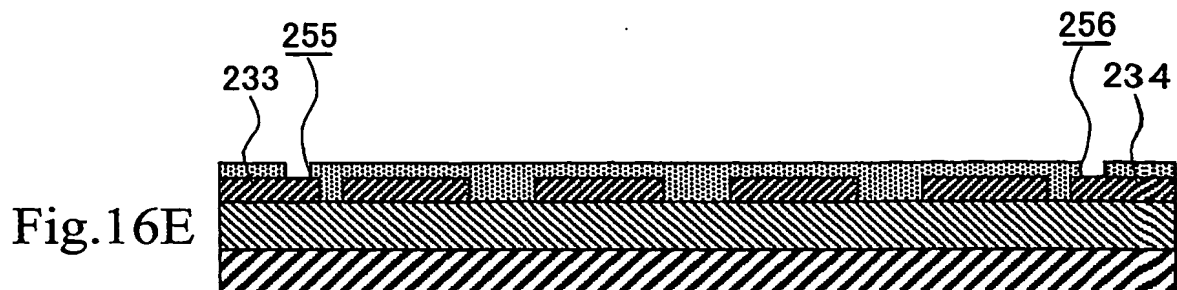


Fig.16D





11/15



12/15

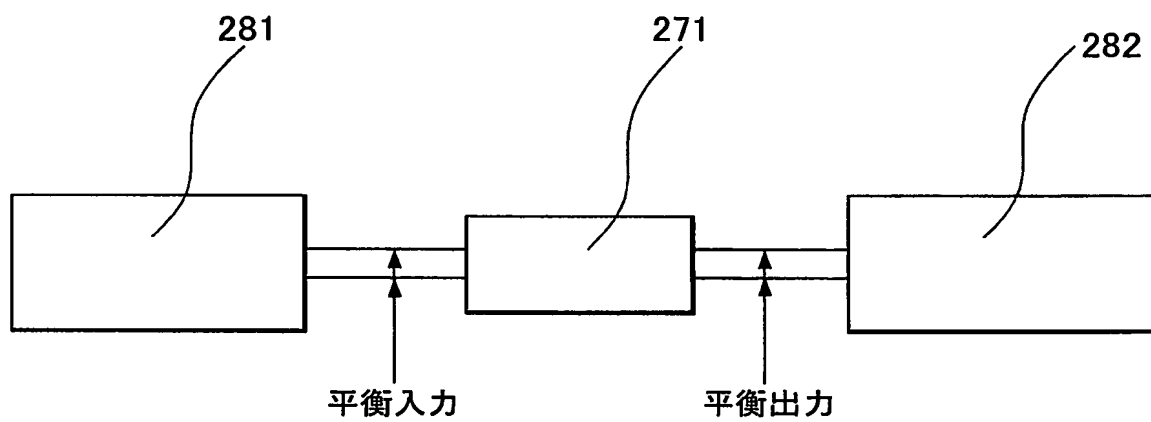


Fig.17

13/15

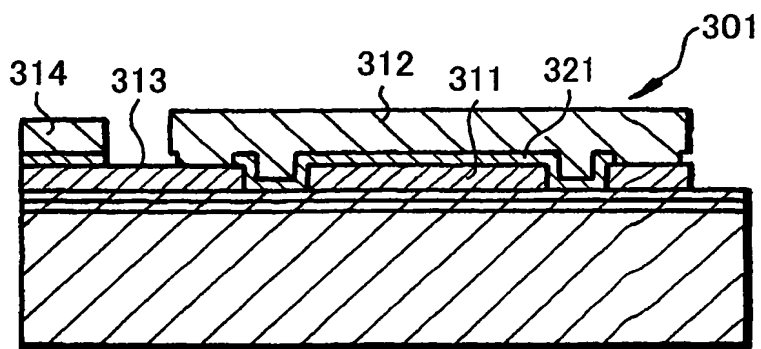


Fig.18

14/15

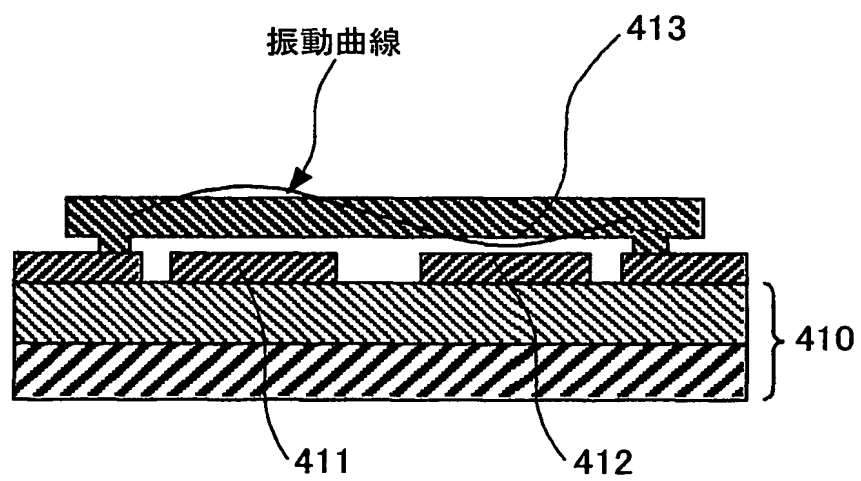


Fig.19

15/15

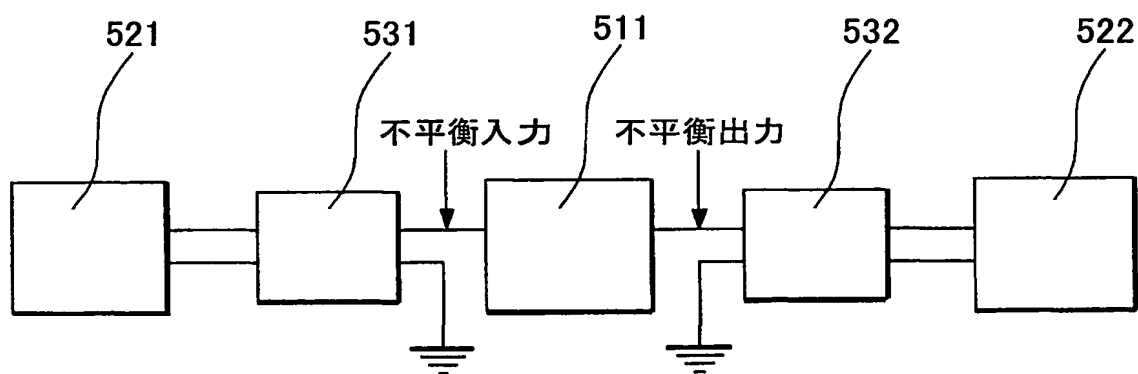


Fig.20

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/014010

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl.<sup>7</sup> H03H9/24, H03H3/007

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
Int.Cl.<sup>7</sup> H03H3/007-9/76

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
IEEE, JOIS, WPI/L

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	WO 01/82479 A2 (THE REGENTS OF THE UNIVERSITY OF MICHIGAN), 01 November, 2001 (01.11.01), Page 20; Fig. 17a & JP 2003-532323 A & US 2002/41220 A1 & EP 1275201 A2	1, 2, 6, 11, 15, 17 3-5, 7-10, 12-14, 16, 18, 19
A	WO 00/42705 A1 (NGUYEN, CLARK, T-C), 20 July, 2000 (20.07.00), Figs. 8 to 10 & JP 2002-535868 A & US 6249073 B & EP 1142110 A1	1-19

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
20 December, 2004 (20.12.04)

Date of mailing of the international search report  
11 January, 2005 (11.01.05)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2004/014010

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Demirci M.U. et al., 'Higher-mode free-free beam micromechanical resonators', Frequency Control Symposium and PDA Exhibition Jointly with the 17th European Frequency and Time Forum, 2003. Proceedings of the 2003 IEEE International, 4-8 May 2003, pages 810 to 818; Figs. 1 to 10	1-19

## 国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP2004/014010

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
 Int. Cl<sup>7</sup> H03H9/24 H03H3/007

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))  
 Int. Cl<sup>7</sup> H03H3/007-9/76

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)  
 IEEE JOIS WPI/L

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X  A	WO 01/82479 A2 (THE REGENTS OF THE UNIVERSITY OF MICHIGAN) 2001. 11. 01, pp. 20, fig 17 a & JP 2003-532323 A & US 2002/41220 A1 & EP 1275201 A2	1, 2, 6, 11, 15, 17  3-5, 7-10, 12-14, 16, 18, 19

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に関及する文献  
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

20. 12. 2004

国際調査報告の発送日

11. 1. 2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
 郵便番号100-8915  
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

江口 能弘

5W

3248

電話番号 03-3581-1101 内線 3574



C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	WO 00/42705 A1 (NGUYEN, CLARK, T -C) , 2000. 07. 20, fig 8-10, & JP 2002-535868 A & US 6249073 B & EP 1142110 A1	1-19
A	Demirci M.U., et al., 'Higher-mode free-free beam micromechanical resonators', Frequency Control Symposium and PDA Exhibition Jointly with the 17th European Frequency and Time Forum, 2003. Proceedings of the 2003 IEEE International, 4-8 May 2003, pp.810 - 818, fig.1-10	1-19